

PAT-NO: JP404020000A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 04020000 A  
TITLE: SYNCHROTRON RADIATED LIGHT GENERATOR

PUBN-DATE: January 23, 1992

INVENTOR-INFORMATION:

NAME COUNTRY  
HONJO, ICHIRO

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME COUNTRY  
FUJITSU LTD N/A

APPL-NO: JP02121534  
APPL-DATE: May 11, 1990

INT-CL (IPC): H05H007/04 , H01F007/02

US-CL-CURRENT: 315/503

ABSTRACT:

PURPOSE: To easily and accurately position the center of a magnetic field and measure the magnetic field gradient around the center of the magnetic field by forming parts of the surface of the field core of a four-pole electromagnet in such a manner as being in line symmetry with respect to and parallel to an X or Y-axis, and setting the component of each line of magnetic force parallel to the X-or Y-axis to more than a specific amount.

CONSTITUTION: Parts of the surface of the field core 21a of a four-pole electromagnet are formed in line symmetry with respect to and parallel to an X-or Y-axis and the component of each line of magnetic force parallel to the X-or Y-axis is at least 10mm in length. The four-pole electromagnet 21 forms a magnetic field including straight lines of magnetic force perpendicular to the X-(Y-) axis with the X-(Y-) axis sandwiched between them. A face parallel to the X-axis and perpendicular to the Y-axis is therefore parallel

to the surface of a Hall element inserted into the straight lines of magnetic force to detect the maximum value of the intensity of the magnetic field and so can easily be detected. Positioning of the center of the magnetic field formed in the inner space and measuring of the magnetic field gradient around the center of the magnetic field are easily and accurately carried out.

COPYRIGHT: (C)1992,JPO&Japio

⑤ Int. Cl.<sup>5</sup>H 05 H 7/04  
H 01 F 7/02

識別記号

Z

庁内整理番号

9014-2G  
7135-5E

⑬ 公開 平成4年(1992)1月23日

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全6頁)

⑭ 発明の名称 シンクロトロン放射光発生装置

⑯ 特 願 平2-121534

⑰ 出 願 平2(1990)5月11日

⑱ 発 明 者 本 荘 一 郎 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社  
内

⑲ 出 願 人 富 士 通 株 式 会 社 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

⑳ 代 理 人 弁 理 士 井 桁 貞 一

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

シンクロトロン放射光発生装置

## 2. 特許請求の範囲

四つの界磁コア(21a)を円弧線上に90度間隔、且つ互いに直交するX軸、Y軸にそれぞれ線対称となるように配置し、界磁コア(21a)からX軸若しくはY軸に線対称となる磁力線を有する磁場を発生する四極電磁石(21)を有するシンクロトロン放射光発生装置において、

前記四極電磁石(21)の界磁コア(21a)の表面の一部が前記X軸若しくはY軸に線対称、且つ当該X軸若しくはY軸に平行に形成され、前記磁力線が当該X軸若しくはY軸に平行な成分を10mm以上の長さで有することを特徴とするシンクロトロン放射光発生装置。

## 3. 発明の詳細な説明

## (概 要)

四極電磁石を備えてシンクロトロン放射光を発生するシンクロトロン放射光発生装置に関し、

内部空間に形成した磁場中心の決定と磁場中心の周りの磁場勾配の測定を簡単且つ正確に行える四極電磁石を備えたシンクロトロン放射光発生装置の提供を目的とし、

四つの界磁コアを円弧線上に90度間隔且つ互いに直交するX軸、Y軸にそれぞれ線対称となるように配置し、界磁コアからX軸若しくはY軸に線対称となる磁力線を有する磁場を発生する四極電磁石を有するシンクロトロン放射光発生装置において、

四極電磁石の界磁コア表面の一部がX軸若しくはY軸に線対称、且つX軸若しくはY軸に平行に形成され、磁力線がX軸若しくはY軸に平行な成分を10mm以上の長さで有するように構成する。

## (産業上の利用分野)

本発明は、四極電磁石を備えてシンクロトロン

放射光を発生するシンクロトロン放射光発生装置、特に内部空間に形成した磁場中心の決定と当該磁場中心の周りの磁場勾配の測定を簡単且つ正確に行える四極電磁石を備えたシンクロトロン放射光発生装置に関する。

シンクロトロン放射光発生装置が発生するシンクロトロン放射光は、マイクロ波からX線領域に亘る広い波長域の連続スペクトルと、高いエネルギーレベル並びに優れた平行性をも備えている。

従って、かかる特徴のあるシンクロトロン放射光を、64 MDRAM等の次世代以降のICを製造するためのステッパーの光源に利用する研究が随所で精力的に進められている。

また、このようなシンクロトロン放射光の利用法の研究と並行して、シンクロトロン放射光発生装置そのものの性能を改良する研究も鋭意行われている。

(従来の技術)

次に、従来のシンクロトロン放射光発生装置に

すると、入射器15は、荷電粒子10の軌道を偏向し、荷電粒子10を真空ダクト14内に入射する。

なお、真空ダクト14は、脱ガスが少なく且つ非磁性体、例えばステンレス鋼製の管をドーナツ状に連結して構成したもので、その内部空間は該内部空間の残留ガスと荷電粒子10との衝突が殆ど発生しない $10^{-9} \sim 10^{-11}$  Torr 程度の超高真空度に保持されている。

このようにして真空ダクト14に入射された荷電粒子10は、真空ダクト14を周回しながら偏向電磁石12や高周波加速空洞13によりエネルギーレベルを高められるとともに、偏向電磁石12により運動の軌道を偏向されて軌道の接線方向に強力なシンクロトロン放射光Sを発生することとなる。

このシンクロトロン放射光Sは、超高真空度に保持されたビームライン16の内部空間を管軸方向に通過し、ビームライン16の終端に取りつけられた取り出し窓(図示せず)から外部、例えば大気中に取り出されて前述したステッパー(図示せず)等の光源に利用されることとなる。

ついて図面を参照しながら説明する。

第2図は、従来のシンクロトロン放射光発生装置を説明するための図で、同図(a)は装置の要部概略平面図、同図(b)は四極電磁石の斜視図、同図(c)は四極電磁石の要部断面図である。

また、第3図は、磁場中心部の決定と磁場勾配の測定方法を説明するための図で、同図(a)は磁場強度の測定法を模式的に示す斜視図、同図(b)はホール素子の移動法を模式的に示す図、同図(c)は磁場勾配を求める方法の説明図である。

尚、同じ部品・材料に対しては全図を通して同じ記号を付与してある。

シンクロトロン放射光発生装置は、第2図に示す如く四極電磁石11、偏向電磁石12、高周波加速空洞13、真空ダクト14、入射器15、ビームライン16を含んで構成したものである。

斯かる構成のシンクロトロン放射光発生装置にシンクロトロン放射光Sを発生させるには、まず加速器(図示せず)が高速に加速した荷電粒子10を入射器15に入射する。

真空ダクト14内を周回する荷電粒子10は、偏向電磁石12によりその軌道を偏向された際や真空ダクト14内のウェーク場により収束状態や周回軌道が徐々に乱されることとなる。

従って、シンクロトロン放射光発生装置は、真空ダクト14に連結した内部空間を通過する荷電粒子10に磁場を作用させて、荷電粒子10の運動の軌道と垂直な断面方向に収束・発散し、真空ダクト14内で荷電粒子10を安定に周回させる第3図に示した四極電磁石11を備えて構成されている。

四極電磁石は、第2図の同図(b)および同図(c)に示すように、励磁用の捲線(図示せず)周囲に捲回した四つの界磁コア11aを円弧線上に90度間隔且つ互いに直交するX軸、Y軸にそれぞれ線対称となるように配置して、励磁用の捲線に励磁電流を流してX軸若しくはY軸に線対称となる磁力線Mを有する磁場Bを発生するものがある。

(発明が解決しようとする課題)

四極電磁石21の内部空間を第2図の同図(b)の

矢印Fで示す方向と軌道で通過（同図(c)においては紙面表から裏方向）する荷電粒子10が真空ダクト14内を安定に周回できる条件は、荷電粒子10の中心軌道F<sub>0</sub>が磁場中心部B<sub>0</sub>を通過するとともに、中心軌道F<sub>0</sub>付近の当該中心軌道F<sub>0</sub>に対して垂直な方向、即ちX軸方向及びY軸方向の磁場Bの勾配がそれぞれ一定であることが必要である。

そして、磁場中心部B<sub>0</sub>は、磁場の強さを測定できる平板状のホール素子17aを有す磁場強度検出器17を3軸ステージ18に固定し、3軸ステージ18を操作してホール素子17aを第3図の(a)図に示す如く四極電磁石21内に挿入して行っている。

四極電磁石の磁場中心部B<sub>0</sub>は、第3図の(b)図に示すように磁場強度検出器17のホール素子17aをY軸に平行なD-D線及びX軸に平行なE-E線に沿って移動することにより決定することができる。

例えば、3軸ステージ18により磁場強度検出器17とともにホール素子17aをD-D線に沿って移動し、磁場強度検出器17が検出した最大若しくは

然である。

何故ならば、ホール素子17aの面がX軸に平行且つY軸に垂直でないと、磁場強度検出器17とともにホール素子17aを同図(b)のC-C線に沿って移動しても、磁場強度検出器17が検出する磁場強度が最大若しくは最小となる位置がX軸上にこないためである。

磁場強度検出器17のホール素子17aの面を四極電磁石11のX軸に平行且つY軸に垂直にするには、3軸ステージ18によりホール素子17aの傾きを何回も小刻みに変えて、前記した要領に従って測定を何回も繰り返して行うことが必要であった。

本発明は、かかる問題を解決するためになされたもので、その目的は内部空間に形成した磁場中心の決定と磁場中心の周りの磁場勾配の測定を簡単且つ正確に行える四極電磁石を備えたシンクロトロン放射光発生装置の提供にある。

〔課題を解決するための手段〕

上記目的は、第1図に示す如く四つの界磁コア

最小磁場強度の点を通る水平面が磁場中心部B<sub>0</sub>を通過するX軸となる。

なお、斯かる測定は、磁場強度検出器17をX軸方向に何回も移動し、移動毎にD-D線に沿うが如く繰り返して行うことで精度を高めることが可能となる。

また、3軸ステージ18により磁場強度検出器17とともにホール素子17aをE-E線に沿って移動し、磁場強度検出器17が検出した磁場強度が0となる点を線上に含んだ鉛直な直線が磁場中心部B<sub>0</sub>を通過するY軸となる。

この測定も、磁場強度検出器17をY軸方向に何回も移動し、移動毎にE-E線に沿うが如く繰り返して行うことで、その精度を高めることが可能となる。

従って、このようにして求めたX軸とY軸との交点が四極電磁石11の磁場中心部B<sub>0</sub>となる。

斯かる方法により四極電磁石11の磁場中心部B<sub>0</sub>を求めるには、ホール素子17aの面がX軸に平行且つY軸に垂直であることが必要であることは当

21aを円弧線上に90度間隔且つ互いに直交するX軸、Y軸にそれぞれ線対称となるように配置し、界磁コア21aからX軸若しくはY軸に線対称となる磁力線を有する磁場を発生する四極電磁石21を有するシンクロトロン放射光発生装置において、四極電磁石の界磁コアの表面の一部がX軸若しくはY軸に線対称、且つX軸若しくはY軸に平行に形成され、磁力線がX軸若しくはY軸に平行な成分を少なくとも10mmの長さで有することを特徴とするシンクロトロン放射光発生装置により達成される。

〔作 用〕

本発明の一実施例のシンクロトロン放射光発生装置の四極電磁石21は、円弧線上に90度間隔且つ互いに直交するX軸、Y軸にそれぞれ線対称となるように配置され、X軸若しくはY軸に線対称となる磁力線を有する磁場を発生する界磁コア21aの表面の一部がX軸若しくはY軸に線対称且つ平行に形成されている。

この四極電磁石21は、X軸(Y軸)を挟んで当該X軸(Y軸)に垂直な直線磁力線を含んだ磁場を形成することとなる。

従って、X軸に平行、且つY軸に垂直な面は、直線磁力線内に挿入されて磁場の強度の最大値を検出したホール素子の面と平行であるから、簡単に検出できることとなる。

#### (実施例)

以下、本発明の一実施例について図面を参照しながら説明する。

第1図は、本発明の一実施例のシンクロトロン放射光発生装置を説明するための図で、同図(a)は装置の要部概略平面図、同図(b)は第1の実施例の四極電磁石の要部概略正面図、同図(c)第2の実施例の四極電磁石の部分正面図、同図(d)はホール素子の傾きの修正原理図である。

本発明の一実施例のシンクロトロン放射光発生装置は、第2図により説明した従来のシンクロトロン放射光発生装置の四極電磁石11に換えて、第

このように構成された第1の実施例の四極電磁石21は、同図(d)に示すようにX軸(Y軸)を挟んで直線磁界形成部21a<sub>2</sub>間にX軸(Y軸)に垂直な直線磁力線M<sub>0</sub>を形成することとなる。

従って、磁場強度検出器17のホール素子17aの面をX軸に平行且つY軸に垂直にするには、次の手順により簡単にを行うことができる。

まず、第3図の(a)図に示す要領に従って3軸ステージ18により磁場強度検出器17のホール素子17aを、第1図の(d)図に示すように直線磁力線M<sub>0</sub>を発生した四極電磁石21の直線磁界形成部21a<sub>2</sub>間に挿入する。

この後、磁場強度検出器17により磁場強度検出器17とともにホール素子17aを水平面のある軸の回りにあらゆる角度に傾斜させながら、磁場強度検出器17により磁場の強度を測定する。

そして、磁場強度検出器17が磁場の強度の最大値を検出したホール素子17aの面の傾きが、X軸に平行且つY軸に垂直になったことに対応するものである。

1図の(b)図に示した第1の実施例の四極電磁石21を採用して構成したものである。

すなわち、第1の実施例の四極電磁石21は、同図(b)に示すように四つの界磁コア21aを90度間隔且つ互いに直交するX軸、Y軸にそれぞれ線対称となるように配置して、界磁コア21aからX軸若しくはY軸に線対称となる磁力線の中にX軸若しくはY軸と垂直に交わる直線磁力線M<sub>0</sub>を含んだ磁場Bを発生するように構成したものである。

かかるX軸若しくはY軸に線対称となる磁力線Mの中にX軸若しくはY軸と垂直に交わる直線磁力線M<sub>0</sub>を含んだ磁場Bを界磁コア21aに発生させるために界磁コア21aは、第2図の(a)図と(b)図により説明した従来の界磁コア11aに相当する主界磁コア21a<sub>1</sub>及び表面の一部がX軸若しくはY軸に線対称且つ平行となる直線磁界形成部21a<sub>2</sub>とで構成したものである。

なお、界磁コア21aの主界磁コア21a<sub>1</sub>と直線磁界形成部21a<sub>2</sub>とは、軟鉄により一体的に形成したものである。

斯くして、第1の実施例の四極電磁石21の磁場中心部B<sub>0</sub>は、ホール素子17aの傾きをこのまま固定した状態で3軸ステージ18により磁場強度検出器17を第3図により説明した方法の要領に従って移動することにより簡単に求めることができることとなる。

また、第1の実施例の四極電磁石21の磁場中心部B<sub>0</sub>付近のX軸方向の勾配を測定するには、第3図の(c)図に示すように磁場強度検出器17によりX<sub>1</sub>での磁場Bの強度B<sub>1</sub>を求めた後に、3軸ステージ18により磁場強度検出器17をX<sub>2</sub>の位置に平行移動し、X<sub>2</sub>の位置に於ける磁場Bの強度B<sub>2</sub>を求めて、下記の計算を実行することにより簡単にもとめることが可能である。

$$\text{磁場勾配} = (B_2 - B_1) / (X_2 - X_1)$$

第1の実施例の四極電磁石21の磁場中心部B<sub>0</sub>付近のY軸方向の勾配についても、同様な要領に従って求めることができることは言うまでもない。

同図(c)は、第2の実施例の四極電磁石で、第1の実施例の四極電磁石の界磁コア21aの主界磁

コア21a,相当する主界磁コア22a<sub>1</sub>に、第1の実施例の四極電磁石の界磁コア21aの直線磁界形成部21a<sub>2</sub>に相当する直線磁界形成部22a<sub>2</sub>を、ネジ22a<sub>3</sub>により固定して構成したものである。

なお、第2の実施例の四極電磁石の機能は、第1の実施例の四極電磁石の機能と同じであるので重複説明は割愛することとする。

#### (発明の効果)

以上詳しく説明したように本発明によれば、内部空間に形成した磁場中心と磁場中心の周りの磁場勾配の決定を簡単且つ正確に行える四極電磁石を備えたシンクロトン放射光発生装置の提供が可能となる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は、本発明の一実施例のシンクロトン放射光発生装置を説明するための図、

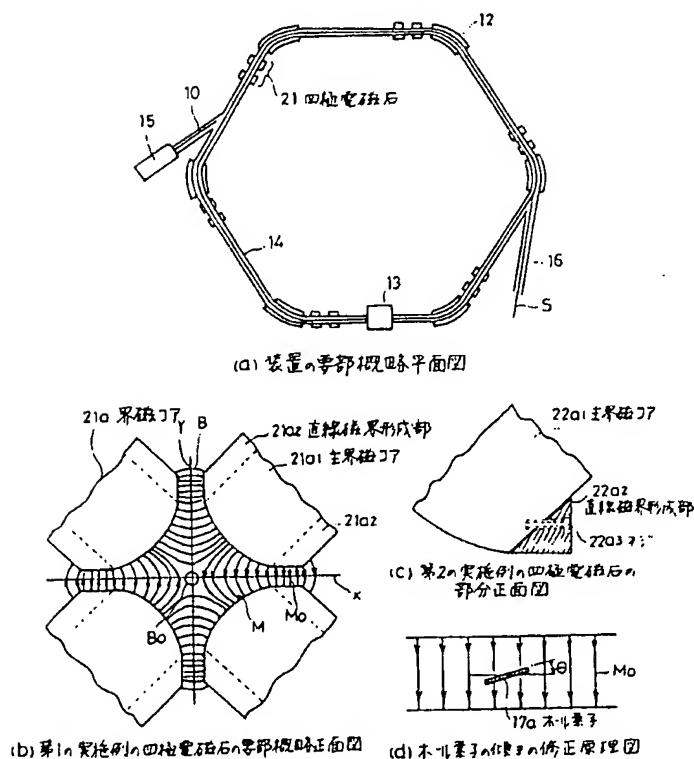
第2図は、従来のシンクロトン放射光発生装置を説明するための図、

第3図は磁場中心部の決定と磁場勾配の測定方法を説明するための図である。

図において、

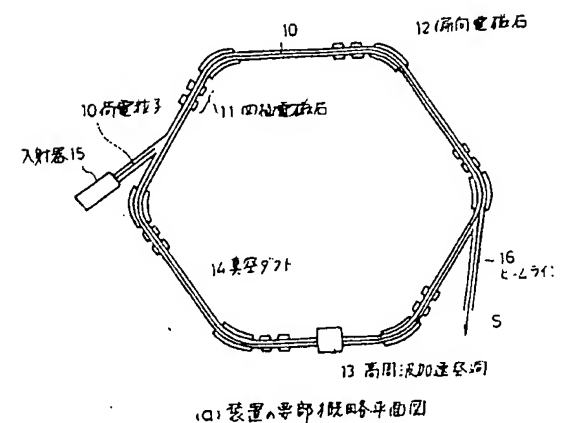
- 10は荷電粒子、
- 11と21は四極電磁石、
- 21aは界磁コア、
- 21a<sub>1</sub>は主界磁コア、
- 21a<sub>2</sub>は直線磁界形成部、
- 12は偏向電磁石、
- 13は高周波加速空洞、
- 14は真空ダクト、
- 15は入射器、
- 16はビームライン、
- 17は磁場強度検出器、
- 17aはホール素子、
- 18は3軸ステージをそれぞれ示す。

代理人 弁理士 井 桁 貞 一



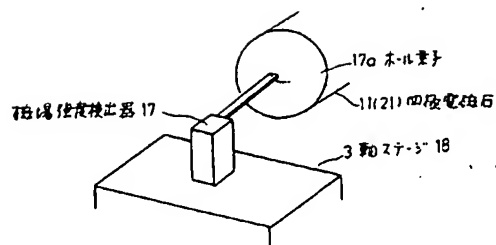
本発明の一実施例のシンクロトン放射光発生装置を説明するための図

第1図

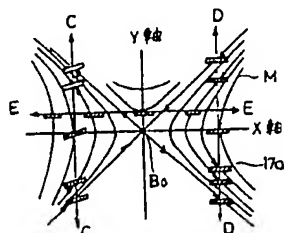


従来のシンクロトン放射光発生装置を説明するための図

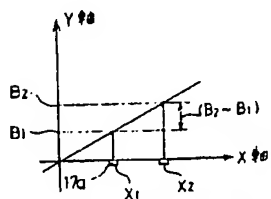
第2図



(a) 磁場強度の測定方法の模式的な示す図



(b) 探針の移動方法の模式的な示す図



(c) 磁場強度の測定方法の説明図

磁場中心部の決定と磁場強度の測定方法の説明図

第 3 図